

TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN SALURAN UDARA
PEMANAS DENGAN PIPA LURUS PADA TUNGKU
BATUBARA TERHADAP KARAKTERISTIK
PEMBAKARAN



Tugas Akhir ini Disusun Guna Memperoleh Gelar Sarjana
Strata Satu Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah surakarta

Oleh :

FRIGAD SEPTIANTO

D 200 050 120

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2010

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul : **“Pengaruh Penambahan saluran Udara Pemanas Dengan Pipa Lurus Pada Tungku Batubara Terhadap Karakteristik Pembakaran”**, yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, Mei 2010

Yang menyatakan,

Frigad Septianto

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir dengan judul “ Pengaruh Penambahan Saluran Udara Pemanas Dengan Pipa Lurus Pada Tungku Batubara Terhadap Karakteristik Pembakaran “ ini telah disetujui oleh pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan di depa dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar ssarjana S–1 Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Frigad Septianto

NIM : D 200 050 120

Disetujui pada :

Hari :

Tanggal :

Menyetujui :

Pembimbing utama

Pembimbing Pendamping

(Ir. Subroto, MT.)

(Marwan Effendy, ST, MT.)

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir dengan judul “ Pengaruh Penambahan Saluran Udara Pemanas Dengan Pipa Lurus Pada Tungku Batubara Terhadap Karakteristik Pembakaran “ ini telah disahkan oleh dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S–1 Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Frigad Septianto

NIM : D 200 050 120

Disahkan pada :

Hari / Tanggal :

Dewan penguji :

1. Ir. Subroto, MT. ()
2. Marwan Effendy, ST, MT. ()
3. Ir. Sunardi Wiyono, MT. ()

Mengetahui :

Dekan

Ketua Jurusan

(Ir. H. Agus Riyanto, MT.)

(Ir. Sartono Putro, MT.)

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nomor 1913 / A.3-II/FT/TM/TA / V. / 2010..... Tanggal29 Mei 2010.....
dengan ini :

Nama : Ir. Subroto, MT.
Pangkat/Jabatan : Lektor Kepala
Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua *)
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : FRIGAD SEPTIANTO
Nomor Induk : D 200 050 120
NIRM : -
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir
Judul/Topik : PENGARUH PENAMBAHAN SALURAN UDARA PEMANAS DENGAN PIPA LURUS PADA
Rincian Soal/Tugas : TUNGKU BATUBARA TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN
- MENGUKUR TEMPERATUR PADA PERMUKAAN TUNG.
DENGAN JARAK 0 MM, 10 MM, 20 MM DAN GAS CO PEMBAKAR

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, ..29 Mei 2010.....

Pembimbing



Ir. Subroto, MT.

Cc. : Marwan Effendy, ST, MT
Lektor Kepala

Keterangan :

*) Coret salah satu

1. Warna biru untuk Kajur

2. Warna kuning untuk Pembimbing I

3. Warna merah untuk Pembimbing II

4. Warna putih untuk mahasiswa

MOTTO

“ Barang siapa merintis jalan untuk menuntut ilmu, maka Allah SWT akan memudahkan baginya jalan ke surga “

(H. R. Muslim)



“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urut) yang lain dan hanya kepada Tuhanlah hendaknya kamu berharap “

(Q. S. Alam Nasyrah : 6 - 8)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul “Peningkatan Efisiensi Pembakaran Tungku Batubara dengan Penambahan Pipa Lurus dan Blower” dapat terselesaikan dengan lancar. Shalawat dan salam kehadiran manusia pilihannya Muhammad SAW, yang dengan perjuangan beliau manusia dapat selalu dijalan-Nya.

Di dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini, dan penulis sampaikan dengan tulus dan hormat kepada:

1. Bapak Ir. H. Agus Riyanto, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Sartono Putro, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Subroto, MT., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan dukungan, arahan serta bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Marwan Effendy, ST, MT., selaku Pembimbing pendamping yang telah berkenan memberikan dukungan serta meluangkan waktu dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan dalam penulisan serta penelitian dalam Tugas Akhir ini.

5. Bapak Ir. Ngafwan, MT. selaku Pembimbing Akademik.
6. Segenap dosen dan staf karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
7. Bapak dan Ibu tercinta yang telah membesarkan dan mendidikku agar menjadi seorang yang berguna. Doa, restu dan pengorbananmu sangat berarti untukku.
8. Adik-adikku tersayang Aulia pretty martiadwiati dan Puti tri sulistiati, terimakasih atas dukungan dan nasehat-nasehatnya.
9. Teman-temanku seperjuangan dalam menyusun laporan, dan teman-teman mahasiswa angkatan 2005 Jurusan Teknik Mesin.
10. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sampaikan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, karena pengetahuan terbatas penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan bimbingan dari semua pihak demi perbaikan penulisan dan penyusunantugas berikutnya. Akhirnya penukis berharap semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca, amin.

Surakarta, Mei 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN SOAL TUGAS AKHIR	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAKSI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masah	2
1.4 Tujuan Penulisan	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Tungku briket batubara	7
2.2.2 Pengertian umum bahan bakar dan pembakaran.....	9
2.2.3 Bahan bakar padat.....	13
2.2.4 Dasar-dasar perpindahan panas	19
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Alat dan bahan penelitian	23

3.1.1 Spesimen uji	23
3.1.2 Peralatan penelitian	25
3.1.3 Bahan penelitian	27
3.2 Diagram alir penelitian	28
3.3 Metodologi penelitian	29
3.3.1 Tahap persiapan dan pembuatan alat	29
3.3.2 Uji Karakteristik pembakaran tungku briket batu bara	30
 BAB IV HASIL PEMBAHASAN	 33
4.1 Hasil pengujian tungku briket batubara model A	33
4.1.1 Hubungan antara temperatur (T1, T2, T3) dengan waktu.....	33
4.1.2 Hubungan antara CO (<i>carbon monoxide</i>) dengan waktu	34
4.2 Hasil pengujian tungku briket batubara model B (penambahan saluran udara pemanas dengan pipa lurus tanpa <i>blower</i>)	35
4.2.1 Hubungan antara temperatur (T1, T2, T3) dengan waktu.....	35
4.2.2 Hubungan antara CO (<i>carbon monoxide</i>) dengan waktu	36
4.3 Hasil pengujian tungku briket batubara model C (penambahan saluran udara pemanas dengan pipa lurus dengan <i>blower</i>)	36
4.3.1 Hubungan antara temperatur (T1, T2, T3) dengan waktu.....	37
4.3.2 Hubungan antara CO (<i>carbon monoxide</i>) dengan waktu	37
4.4 Hasil pengujian tungku briket batubara model D	40
4.4.1 Hubungan antara temperatur (T1, T2, T3) dengan waktu	40
4.4.2 Hubungan antara CO (<i>carbon monoxide</i>) dengan waktu	41
4.5 Hasil pengujian temperature pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model A, model B, model C dan model D.....	41
4.5.1 Hubungan antara temperatur pembakaran (T1 pada jarak 0 mm) terhadap waktu	42
4.5.2 Hubungan antara temperatur pembakaran (T2 pada jarak 10 mm) terhadap waktu	43
4.5.3 Hubungan antara temperatur pembakaran (T3 pada jarak 20 mm) terhadap waktu	43

4.5.4 Hubungan antara gas CO (<i>carbon monoxide</i>) terhadap waktu	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tungku portabel	8
Gambar 2.2	Tungku permanen	9
Gambar 2.3	Perpindahan panas secara konveksi	20
Gambar 2.4	Perpindahan panas secara konduksi	21
Gambar 2.5	Perpindahan panas secara radiasi	22
Gambar 3.1	Tungku model A	23
Gambar 3.2	Tungku model B	24
Gambar 3.3	Tungku model C	25
Gambar 3.4	Tungku model D	25
Gambar 3.4	Blower	26
Gambar 3.5	<i>Thermocouple</i> dan <i>thermoreader</i>	26
Gambar 3.6	CO meter	27
Gambar 3.7	Stopwatch	28
Gambar 3.8	Briket batubara	28
Gambar 3.9	Diagram alir metode penelitian	29
Gambar 3.10	Skema Penelitian	33
Gambar 4.1	Hubungan antara temperatur pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model A yang ada di pasaran	34
Gambar 4.2.	Hubungan antara CO (<i>carbon monoxide</i>) dengan waktu pada tungku briket batubara model A yang ada di pasaran	35
Gambar 4.3	Hubungan antara temperatur pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model B	36
Gambar 4.4	Hubungan antara CO (<i>carbon monoxide</i>) dengan waktu pada tungku briket batubara model B	37
Gambar 4.5	Hubungan antara temperatur pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model C	38
Gambar 4.6	Hubungan antara CO (<i>carbon monoxide</i>) dengan Waktu pada tungku briket batubara model C	39

Gambar 4.7	Hubungan antara temperatur (T1 pada jarak 0 mm) tungku briket batubara model C terhadap waktu	40
Gambar 4.8	Hubungan antara CO (<i>carbon monoxide</i>) dengan Waktu pada tungku briket batubara model D	41
Gambar 4.9	Hubungan antara temperatur (T1 pada jarak 0 mm) tungku briket batubara model A, B, dan tungku model C terhadap waktu	42
Gambar 4.10	Hubungan antara temperatur (T2 pada jarak 10 mm) tungku briket batubara model A, B, dan tungku model C terhadap waktu	43
Gamabr 4.11	Hubungan antara temperatur (T3 pada jarak 20 mm) tungku briket batubara model A, B, dan tungku model C terhadap waktu	43
Gambar 4.12	Hubungan antara gas CO (<i>carbon monoxide</i>) tungku briket batubara model A, B, dan tungku model C terhadap waktu	44

ABSTRAKSI

Penggunaan tungku briket batubara hingga saat ini masih tergolong langka untuk menunjang aktivitas di dapur. Tungku briket batubara amat potensial untuk dikembangkan sebagai alat memasak dengan cara mendesain tungku yang tepat. Berkenaan dengan masalah ini selanjutnya akan menguji tungku yang ada di pasaran dan memodifikasinya dengan menambahkan saluran udara pemanas dengan pipa lurus dan blower.

Dalam penelitian ini akan dilakukan uji karakteristik pembakaran tungku model B dengan saluran udara pemanas pipa lurus, dan tungku model C dengan saluran udara pemanas pipa lurus dan penambahan blower, dibandingkan dengan tungku model A yang ada di pasaran dan tungku model D. Tahap dari penelitian ini yaitu, uji karakteristik pembakaran tungku model A yang ada di pasaran, kemudian tungku model B dengan saluran udara pemanas pipa lurus, dan tungku model C dengan saluran udara pemanas pipa lurus dan penambahan blower dan tungku model D. Dari hasil pengujian ini akan didapatkan data berupa temperatur dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran.

Dari hasil pengujian selama dua jam pada ketiga tungku tersebut, yang terbaik ditinjau dari temperatur pembakaran yang paling tinggi dan yang menghasilkan gas karbon monoksida paling rendah yaitu tungku model C dengan temperatur tertinggi mencapai 816 °C dan kadar CO terendah 20 ppm. Tungku model B temperatur tertinggi mencapai 733 °C dengan kadar CO terendah 111 ppm, sedangkan tungku model A temperatur tertinggi mencapai 345 °C dengan kadar CO terendah 309 ppm dan tungku model D temperatur tertinggi mencapai 437 °C dengan kadar CO terendah 381 ppm.

Kata kunci : Tungku Briket batubara, Pipa lurus, Temperatur, CO hasil pembakaran.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Briket batubara merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari kokas, bahan bakar padat ini merupakan bahan bakar yang selama ini digunakan sebagai bahan bakar kompor atau tungku. Bentuk tungku akan sangat mempengaruhi terhadap hasil temperatur pembakaran dan gas karbon monoksida yang dihasilkan. Tungku briket batubara yang ada selama ini masih banyak kekurangannya diantaranya adalah masih rendahnya temperatur pembakaran dan banyaknya gas monoksida yang keluar dari hasil pembakaran,

Untuk itu dilakukan penelitian mengenai desain tungku briket batubara dengan penambahan saluran udara pemanas menggunakan pipa lurus, untuk mengatasi kekurangan tersebut. Dimana fungsi dari pipa lurus tersebut untuk mengalirkan udara panas yang ada di sekitar tungku masuk ke dalam tungku briket batubara, untuk menyedot udara panas yang ada di luar tungku masuk ke dalam tungku menggunakan blower.

Udara yang melewati saluran udara pemanas tersebut mempunyai temperatur yang cukup tinggi dan memiliki kandungan air yang rendah, sehingga akan lebih mudah terbakar dan menyebabkan pembakaran yang

hampir sempurna. Oleh karena itu kemungkinan mendapatkan temperatur yang tinggi dan gas karbon monoksida yang rendah bisa tercapai.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang diteliti dalam riset ini adalah pengaruh penambahan saluran udara pemanas dengan pipa lurus, terhadap temperatur pembakaran dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah :

1. Bahan yang digunakan untuk tungku yaitu zeng dan pipa menggunakan baja.
2. Pipa yang digunakan adalah pipa lurus.
3. *Blower* yang digunakan tidak menggunakan variasi kecepatan.
4. Masalah yang diteliti meliputi temperatur pembakaran dan gas karbon monoksida hasil pembakaran.
5. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kondisi lingkungan dianggap sama sehingga pengambilan data diharapkan dalam kondisi dan keadaan yang sama.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui temperatur pembakaran dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran terhadap waktu pada tungku briket batubara model A, B, dan C.
2. Pengaruh penambahan saluran udara pemanas dengan pipa lurus pada tungku briket batubara terhadap karakteristik pembakaran.
3. Untuk mengetahui kinerja dari tungku model B dengan pipa lurus dan tungku model D tanpa pipa lurus.
4. Dari ke – 4 tungku tersebut manakah yang terbaik, di tinjau dari temperatur pembakaran dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan desain tungku briket batubara yang lebih baik dibandingkan dengan desain tungku briket batubara yang telah ada.
2. Memberikan kontribusi pembangunan nasional dan masyarakat terutama dalam kerangka bidang konversi energi khususnya dalam hal pembakaran batubara.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah :

1. Studi Literatur

Yaitu mempelajari referensi dari berbagai buku sebagai teori penunjang dalam pembahasan masalah.

2. Studi Laboratorium

Yaitu dengan melakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui temperatur pembakaran dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan ini, penulis menyusun dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan, berisi tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka, berisi tentang penelitian-penelitian dari para peneliti terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan, dan berisi tentang teori-teori yang menunjang penelitian ini.

BAB III Metodologi Penelitian, dalam bab ini meliputi waktu persiapan dan pembuatan alat penelitian, waktu pengambilan data, alat yang digunakan serta diagram alir penelitian.

BAB IV Hasil dan Pembahasan, hal ini meliputi hasil dari data pengujian tungku briket batubara.

BAB V Penutup, bab ini terdiri atas kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan pustaka

Andi (2008) menganalisa tungku briket batubara yang ada di pasaran dengan penambahan jumlah lubang pada distributor *secondary air flow* variasi susunsn zig-zag dan lurus. Dari hasil penelitian pada tungku yang da di pasaran temperatur tertinggi 345 °C dengan kadar CO terendah 102 ppm, sedangkan tungku dengan penembahan jumlah lubang susunan zig-zag temperatur tertinggi 443 °C dengan kadar CO terendah 324 ppm, dan susunan lurus 473 °C dengan kadar CO 256 ppm.

Suryanti dkk, (2006) melakukan penelitian mengenai tungku briket batubara dengan kapasitas 0,5 kg untuk tiap tungku batubara. Tungku briket bataubara dilengkapi dengan saluran udara dari fan. Tungku briket batubara ini terbuat dari plat, besi kotak, besi bulat, dan pipa. Kompor briket batubara mempunyai panjang 650 mm, lebar 300 mm dan tinggi 350 mm. Dari hasil uji coba tungku briket batubara ini setiap 0,5 kg briket batubara mampu menyala selama 1,5 jam. Untuk minyak tanah 0,273 liter hanya mampu menyala selama ± 40 menit. Nilai kalori 0,5 kg briket batubara jenis bituminous antara 3613,911kkal sampai dengan 3869,91525kkal. Kebutuhan udara membakar 0,5 kg briket batubara adalah sebesar 5,3 kg udara, sedangkan kebutuhan udara sebenarnya 6,89 kg udara.

Arifin (2008) meneliti tentang pengaruh penambahan blower dan tutup variasi jumlah lubang pada tungku briket batubara terhadap temperatur dan gas CO hasil pembakaran. Dalam penelitian ini menganalisa tungku briket batubara penambahan blower dan tutup dengan variasi 21 dan 41 lubang terhadap temperatur pembakaran. Dari penelitian ini yaitu 1 uji karakteristik pembakaran tungku briket batubara penambahan blower. 2 uji karakteristik pembakaran tungku briket batubara penambahan blower dan tutup. Dari pengujian ini akan didapatkan data berupa temperatur dan gas CO hasil pembakaran. Dari hasil penelitian pada tungku briket batubara dengan penambahan blower temperatur tertinggi mencapai 707 °C dengan kadar CO terendah 100 ppm sedangkan pada tungku briket batubara dengan penambahan blower dan tutup 21 lubang temperatur tertinggi mencapai 542 °C dengan CO terendah 105 ppm. Untuk tungku dengan tutup 41 lubang temperatur tertinggi mencapai 551 °C dengan kadar CO terendah 157 ppm. Dari hasil perbandingan masing-masing dengan kondisi terbaiknya dan paling tinggi temperaturnya yaitu tungku briket batubara dengan penambahan blower.

Prasetyo (2007), meneliti tentang pengaruh penambahan *blower* dan lubang pembagi udara pada dasar tungku briket batubara dengan variasi susunan persegi, zig-zag, dan melingkar terhadap temperatur dan CO hasil pembakaran. Tahap-tahap penelitian yang pertama yaitu uji karakteristik tungku briket batubara dengan penambahan blower dan lubang pembagi udara pada dasar tungku dengan variasi susunan persegi, zig-zag, dan melingkar, setelah itu dilakukan pengujian pada ketiga variasi. Dari pengujian ini akan didapatkan data berupa temperatur

pembakaran dan gas CO hasil pembakaran. Dari hasil penelitian pada tungku diperoleh temperatur tertinggi dan CO yang paling rendah. Untuk susunan persegi temperatur tertinggi mencapai 703 °C pada menit ke-42 dan CO 92 ppm pada menit ke-90, untuk susunan zig-zag temperatur tertinggi mencapai 717 °C pada menit ke-22 dengan CO 94 ppm pada menit ke-88, dan susunan melingkar mencapai suhu tertinggi pada temperatur 700 °C pada menit ke-54 dengan CO 138 ppm pada menit ke-110. Dari hasil perbandingan masing-masing tungku dengan kondisi terbaik dan optimal yaitu tungku dengan variasi susunan zig-zag.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Tungku Briket Batubara

Tungku briket batubara adalah alat yang digunakan untuk memasak dengan menggunakan bahan bakar dari briket batubara. Rancangan briket batu bara pada dasarnya dibuat untuk mencapai efisiensi pembakaran yang tinggi dan tidak kalah pentingnya untuk menekan gas buang yang dihasilkan. Jenis tungku briket batubara sangat tergantung ada sektor penggunaanya, tungku untuk industri berukuran sangat besar dari pada tungku untuk rumah tangga.

Jenis tungku briket yang sudah beredar dipasaran saat ini terbuat dari tanah liat, selain murah juga mempunyai efisiensi antara 31 – 33 % dan sudah terbukti kelebihanannya, terutama untuk menekan laju emisi, jenis tungku briket ini dilengkapi dengan penutup pengurang gas emisi.

Tungku briket yang ada dipasaran terbuat dari macam-macam bahan. Pada sebagian tungku panas yang terbangun pada proses pembakaran masih relatif banyak, untuk mengurangi panas yang terbangun dari pembakaran pada tungku

briket maka sebagian tungku dilengkapi dengan batu tahan api agar panas yang dimanfaatkan lebih maksimal.

Tungku briket batubara terdiri dari dua jenis yaitu :

1. Tungku portabel

Tungku ini dapat dipindah-pindah atau bahkan dapat dipindah ke tempat lain. Jenis ini umumnya mampu memuat briket antara 1 kg sampai dengan 8 kg serta dapat dipindah-pindahkan. Jenis ini digunakan untuk keperluan rumah tangga atau rumah makan.



Gambar 2.1 Tungku Portabel

2. Tungku permanen

Tungku ini tidak dapat dipindah-pindah, biasanya mampu memuat lebih dari 8 kg briket secara permanen. Jenis ini digunakan untuk industri kecil atau menengah.



Gambar 2.2 Tungku Permanen

Syarat tungku briket batubara yang baik adalah sebagai berikut :

1. Mempunyai ruang bakar.
2. Adanya aliran udara (oksigen) dari lubang bawah menuju ruang atas dengan melewati ruang bakar briket yang terdiri dari aliran udara primer dan sekunder.
3. Mempunyai tempat abu atau sisa pembakaran yang terletak di bawah ruang bakar briket.

2.2.2 Pengertian Umum Bahan Bakar dan Pembakaran

Ditinjau dari sudut teknis dan ekonomis, bahan bakar diartikan sebagai bahan yang dikonsumsi untuk menghasilkan energi berupa kalor. Bahan bakar dibakar dengan tujuan untuk memperoleh kalor tersebut dapat digunakan baik secara langsung maupun tidak langsung. Berdasarkan pengertian ini, bahan bakar dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok :

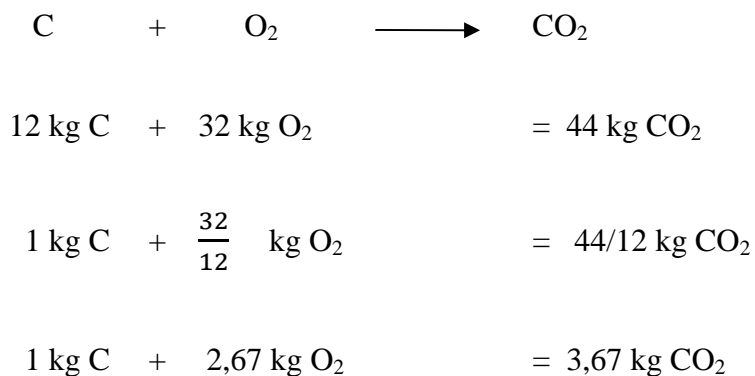
1. Bahan yang dikonsumsi dalam proses pembakaran reaksi kimia.
2. Bahan yang digunakan dalam reaktor nuklir reaksi inti.
3. Bahan yang dikonsumsi oleh makhluk hidup untuk metabolisme.

Sementara definisi pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan yang mudah terbakar, disertai timbulnya cahaya dan menghasilkan kalor. Pembakaran spontan adalah pembakaran dimana bahan mengalami oksidasi perlahan-lahan sehingga kalor yang ditimbulkan tidak dilepaskan, akan tetapi untuk menaikkan suhu bahan secara pelan-pelan sampai mencapai suhu nyala. Keberadaan lokasi dari nyala api terpengaruh oleh konsentrasi oksigen, kecepatan gas, temperatur, dan konsentrasi zat *volatile* dalam

fasa gas. Pembakaran zat *volatile* akan berlangsung lebih cepat pada lingkungan yang kaya akan oksigen. Pembakaran zat *volatile* yang cepat menghasilkan suhu yang lebih tinggi dimana sebagian panas akan dipindahkan menuju permukaan partikel. Laju *devolatilisasi*, kandungan zat *volatile*, komposisi bahan bakar, dan nilai kalor bahan bakar memegang peranan penting dalam tahap awal dari proses pembakaran dan berpengaruh terhadap stabilitas penyalaan.

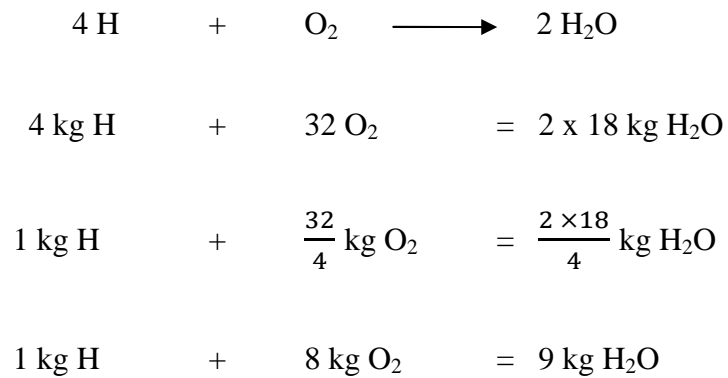
Pembakaran sempurna adalah pembakaran dimana semua konstituen yang dapat dibakar di dalam bahan bakar membentuk gas CO₂, air (H₂O), dan gas SO₂, sehingga tidak ada lagi bahan yang dapat terbakar tersisa. Jika susunan bahan bakar diketahui, maka dapat dihitung jumlah udara pembakaran untuk pembakaran yang sempurna. Di bawah ini adalah reaksi pembakaran sempurna :

Reaksi pembakaran Karbon (C) terbakar menjadi CO₂ menurut persamaan :



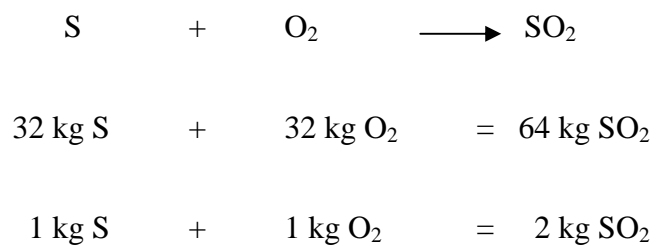
Yang artinya, untuk pembakaran sempurna 1 kg karbon (C) memerlukan 2,67 kg O₂ yang menghasilkan 3,67 kg CO₂.

Reaksi pembakaran Hidrogen (H) terbakar menjadi H₂O menurut persamaan :



Yang artinya, untuk pembakaran sempurna 1 kg Hidrogen (H₂) membutuhkan 8 kg Oksigen (O₂) yang akan menghasilkan 9 kg uap air (H₂O).

Reaksi pembakaran Belerang (S) terbakar menurut persamaan :



Yang artinya untuk pembakaran sempurna 1 kg Sulfur (S) membutuhkan 1 kg Oksigen (O₂) yang menghasilkan 2 kg SO₂.

Reaksi untuk pembakaran batubara lignit (C₂₀H₂₂O₄) :



Pembakaran yang sempurna membutuhkan jumlah udara pembakaran yang cukup. Debit udara yang cukup salah satunya dapat diperoleh dengan cara menambahkan blower. Debit udara sangat berpengaruh terhadap kecepatan dan temperatur hasil pembakaran dari bahan bakar, semakin besar debit udara yang dihasilkan maka pembakaran juga semakin cepat, akan tetapi bila udara yang diperlukan untuk pembakaran berlebih juga menyebabkan temperatur juga naik, akan tetapi kurang stabil.

Debit udara pembakaran dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

Q = Debit udara (m^3/s).

V = kecepatan Udara (m/s).

A = Luas penampang (m^2)

2.2.3 Bahan Bakar Padat

1. Komposisi Bahan Bakar Padat

Bahan bakar padat yang terdapat di bumi kita ini berasal dari zat-zat organik. Bahan bakar padat mengandung unsur-unsur antara lain zat arang atau karbon (C), Hidrogen (H), zat asam atau Oksigen (O), zat lemas atau Nitrogen (N), Belerang (S), abu dan air, yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia. Komposisi batubara terdiri atas kadar air, zat *volatile*, *fixed carbon* dan abu (*ash*). Sedangkan unsur-unsur yang terkandung dalam batubara adalah C, H, O, N dan S .

2. Jenis Batubara

Klasifikasi batubara berdasarkan tingkatan dibedakan menjadi :

1. *Antracitik : fixed carbon 80 % - 98 %*

Merupakan batubara yang paling tua umurnya dan jenis ini masih terbagi lagi menjadi beberapa bagian antara lain : *Metantrasit* yang mengandung kadar karbon ($C \geq 98 \%$), *Antrasit* dengan kadar karbon ($C \geq 92 \%$), *Semiantrasit* dengan kadar karbon ($C \geq 86 \%$), dan ketiga tersebut memiliki karakteristik tidak mudah menggumpal.

2. *Bitumin : fixed carbon 69 % - % 86*

Merupakan jenis batubara dibawahnya *antracitik* yang terdiri dari : Batubara *bitumen* penguapan rendah dengan kadar karbon ($C \geq 78 \%$), *bitumen* penguapan sedang dengan kadar karbon ($C \geq 69 \%$), dan *bitumen* penguapan tinggi dengan kadar karbon ($C \geq 69 \%$), ketiga jenis ini memiliki karakteristik mudah menggumpal.

3. *Sub bitumin*

Merupakan jenis batubara dibawahnya *bitumin* yang terdiri dari : Batubara *subbitumin* A yang memiliki batas nilai kalori ($105000 \leq \text{nilai kalor} \leq 11500$) Btu/lbm, *subbitumin* B dengan nilai kalori ($9500 \leq \text{nilai kalor} \leq 10500$) Btu/lbm, *subbitumin* C dengan nilai kalori ($8300 \leq \text{Nilai kalor} \leq 9500$) Btu/lbm, ketiga jenis ini memiliki karakter tidak menggumpal.

4. *Lignitik*

Merupakan batubara yang paling muda umurnya dan jenis ini masih terbagi lagi menjadi beberapa bagian antara lain : *Lignitik* A jenis ini memiliki nilai

batas kalor ($6300 \leq \text{Nilai kalor} \leq 8200$) Btu/lbm dan *lignitik* B memiliki nilai kalor ($\text{Nilai kalor} \leq 6300$) Btu/lbm kedua jenis ini memiliki karakter tidak menggumpal

3. Macam-macam jenis briket batubara

1. Jenis Berkarbonasi, jenis ini mengalami terlebih dulu proses karbonasi sebelum menjadi briket. Dengan proses karbonasi zat-zat terbang yang terkandung dalam briket tersebut diturunkan serendah mungkin sehingga produk akhirnya tidak berbau dan berasap, namun biaya produksi menjadi meningkat karena pada batubara tersebut terjadi rendemen sebesar 50%. Briket ini cocok digunakan untuk keperluan rumah tangga serta lebih aman penggunaannya.
2. Jenis Non Karbonasi, jenis yang ini tidak mengalami proses karbonisasi sebelum menjadi briket dan harganya pun lebih murah. Karena zat terbangnya masih terkandung dalam briket batubara maka pada penggunaannya lebih baik menggunakan tungku (bukan kompor) sehingga akan menghasilkan pembakaran yang sempurna dimana seluruh zat terbang yang muncul dari briket akan habis terbakar oleh lidah api dipermukaan tungku. Briket ini umumnya digunakan untuk industri kecil.
3. Briket Bio batubara, atau dikenal dengan bio-briket, selain kapur dan zat perekat, ke dalam campuran ditambahkan bio-masa sebagai substansi untuk mengurangi emisi dan mempercepat pembakaran. Bio-masa yang biasanya digunakan berasal dari ampas industri argo (seperti ampas tebu, ampas kelapa sawit, sekam padi, dan lain-lain) atau serbuk gergaji.

Keunggulan briket batubara :

1. Lebih ekonomis karena mudah dalam penyimpanan dan pengangkutan.
2. Panas yang tinggi dan berlanjut sehingga sangat baik untuk pembakaran yang lama.
3. Tidak beresiko meledak / terbakar.

Kelemahan briket batubara :

1. Proses penyalaan yang cukup lama.
2. Mengeluarkan gas asap yang mengganggu lingkungan.
3. Adanya abu hasil pembakaran.

4. Sifat – Sifat Bahan Bakar Padat Yang Berupa Batubara

- a. Kandungan zat-zat yang mudah menguap atau *volatile matter*.

Di dalam bahan bakar padat, terkandung zat-zat yang mudah menguap, antara lain terdiri dari Hidrogen dan zat-zat air arang (CH_4 metan, C_2H_6 etan, C_2H_2 acetylen, C_2H_4 aetylen dan sebagainya).

Zat-zat yang mudah menguap tersebut akan terbakar segera setelah bercampur dengan udara pembakar pada temperatur yang tinggi sekitar 1200°C atau 1473K .

- b. Temperatur pencetus atau *flashing temperatur*

Adalah suhu dimana bahan bakar akan terbakar sendirinya oleh udara disekelilingnya disertai kilatan cahaya. Untuk menentukan kapan bahan bakar akan terbakar sendiri, Pensky-Martens menggunakan sistem “*closed up*”

sedang Cleveland menggunakan sistem “*open up*”. Uji dengan menunjukkan angka 20-30°F lebih tinggi dibandingkan dengan system *closed up*.

c. Temperatur penyalaaan atau *ignition temperatur*

Adalah temperatur pada saat bahan bakar atau zat cair akan terbakar, setelah menguapkan zat-zat pengumpannya. Pada umumnya temperatur penyalaaan makin tinggi bila susunan bahan bakar makin sederhana.

d. Kecepatan pembakaran

Dalam pembakaran bahan bakar padat sangat dipengaruhi oleh proses penguapan kadar air dan *volatile matter* yang terkandung dalam bahan bakar tersebut. Hal inilah yang menjadi faktor utama dalam kecepatan pembakaran bahan bakar padat disamping jenis bahan bakar itu sendiri.

e. Ukuran-ukuran batubara

Ukuran penyusun batubara itu sendiri juga akan mempengaruhi besarnya panas yang dihasilkan dalam pembakaran. Hal ini disebabkan semakin besar partikel-partikel penyusun batubara maka akan mengakibatkan rongga antar partikel (*porositas arang*) akan menjadi lebih besar sehingga akan menurunkan nilai kalor yang dihasilkan. Ukuran partikel juga mempengaruhi kecepatan pembakaran. Semakin kecil patikelnya maka akan semakin cepat laju pembakarannya. Adapun beberapa jenis ukuran dari batubara dapat dilihat dibawah ini :

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. Bongkahan batubara | : lebih besar dari 80 mm |
| 2. Butiran 1 | : antara 80 - 50 mm |
| 3. Butiran 2 | : antara 50 – 30 mm |

- 4. Butiran 3 : antara 30 – 20 mm
- 5. Butiran 4 : antara 20 – 10 mm
- 6. Butiran 5 : antara 10 – 5 mm
- 7. Batubara pasir : lebih kecil dari 5 mm
- 8. Serbuk batubara : lebih kecil dari 0,075 mm

f. Kecenderungan untuk menggumpal

Dalam bahan bakar padat masih terdapat kadar air yang cukup tinggi, sehingga apabila bahan bakar disimpan dalam waktu yang lama akan mudah lunak dan saling menggumpal antara partikel yang satu dengan yang lain, hal ini mengakibatkan tertutupnya celah antar partikel yang berfungsi untuk tempat aliran udara sehingga akan memperlambat proses penguapan pada proses pembakaran.

g. Kadar abu

Kadar abu dalam batubara dapat diturunkan dengan cara mencucinya. Bongkahan-bongkahan yang besar lebih banyak mengandung abu. Untuk memperkecil kadar abunya, maka bongkahan-bongkahan batubara diremukan dan dicuci.

Kadar abu yang tinggi di dalam batubara tidak mempengaruhi proses pembakaran batubara itu sendiri, namun dapat memperbesar kerugian-kerugian disebabkan terdapatnya sejumlah bahan bakar yang terbuang bersama dengan abu, di samping itu kadar abu yang tinggi dalam batubara akan mempersulit penyalaan batubara tersebut.

h. Kadar air

Kadar air di dalam batubara menjadi bertambah pada saat proses pencucian sehabis penambangannya. Bertambah kadar air di dalam batubara juga disebabkan karena penimbunan batubara diudara terbuka, atau bila butiran-butiran batubaranya makin halus.

Jumlah kadar air dan abu di dalam batubara akan menurunkan nilai pembakaran (*heating value*) dari batubara tersebut.

i. Sifat membara sendiri dan merusak sendiri (*Broeien*)

Proses merusak dengan sendirinya, berlangsung karena batubara ditumpuk atau ditimbun secara terbuka diudara terbuka bebas untuk jangka waktu yang lama. Hal ini terjadi karena kandungan zat arang atau karbon (C) dan hidrogen (H) menyusut, sedangkan zat asam (O) justru bertambah, yang disebabkan proses oksidasi secara perlahan-lahan antara udara bebas disekitarnya dengan tumpukan atau timbunan batubara tersebut, yang berlangsung dalam waktu yang cukup lama, sehingga menyebabkan nilai pembakaran (*heating value*) batubara menjadi menurun dan pengaruhnya besar terhadap kemampuan menggumpalnya batubara.

2.2.4 Dasar-dasar Perpindahan Panas

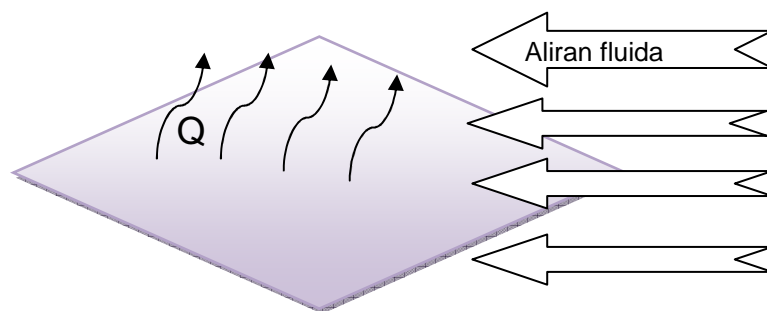
Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari gerakan panas pada suatu zat atau perpindahan panas dari suatu tempat asal ketempat yang lain karena adanya perbedaan suhu diantara zat yang satu dengan zat yang lainnya atau adanya perbedaan suhu antara tempat satu dengan tempat yang lainnya. Pada

dasarnya cara perpindahan panas dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu ; perpindahan panas secara hantaran (perpindahan panas secara konduksi), perpindahan panas secara aliran (perpindahan panas secara konveksi), dan perpindahan panas secara pancaran (perpindahan panas secara radiasi), dalam hal ini yang dipakai sebagai dasar teori hanyalah perpindahan panas secara konveksi dan perpindahan panas secara radiasi, menurut (Kreith, F. 1990)

1. Perpindahan panas secara aliran (perpindahan panas secara konveksi)

Konveksi panas terjadi karena partikel zat yang tercampur lebih tinggi berpindah tempat secara mengalir sehingga dengan sendirinya terjadi perpindahan panas melalui perpindahan masa. Konveksi karena adanya aliran alami tanpa dibantu oleh suatu alat disebut konveksi alamiah, sedangkan konveksi karena adanya bantuan disebut konveksi paksa.

Ciri-ciri perpindahan panas secara konveksi adalah panas yang berpindah terbawa aliran, dimana perpindahan panasnya memerlukan media yang bergerak, bisa berupa air maupun angin.



Gambar 2.3 Perpindahan panas secara konveksi

persamaan perpindahan panas secara konveksi adalah sebagai berikut :

$$Q = h \cdot A (T_w - T) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

Q = Laju aliran panas (W)

h = Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = Luas penampang (m^2)

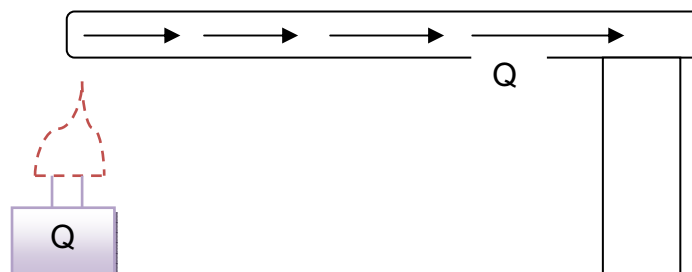
T_w = Suhu plat ($^\circ C$)

T = Suhu fluida ($^\circ C$)

2. Perpindahan panas secara hantaran (perpindahan panas secara konduksi)

Konduksi adalah transfer energi dari partikel-partikel yang tingkat energinya lebih tinggi ke partikel-partikel di dekatnya yang tingkat energinya lebih rendah. Konduksi dapat berlangsung pada benda padat, cair, maupun gas. Pada cairan dan gas, konduksi berlangsung akibat tumbukan dan difusi molukul-molekul yang bergerak bebas, sedangkan pada gas padat konduksi berlangsung akibat vibrasi molekul-molekul pada susunan kristalnya dan perpindahan energi oleh elektron-elektron bebas.

Ciri-ciri perpindahan panas secara konduksi adalah pemanasan akibat difusi panas antar molekul, perpindahan panas secara konduksi memerlukan media (padat).



Gambar 2.4 Perpindahan panas secara konduksi

persamaan perpindahan panas secara konduksi adalah sebagai berikut :

$$Q = - K \cdot A \frac{\Delta T}{\Delta x} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

Q = Jumlah kalor yang dipindahkan (w)

A = Luas penampang yang terkena panas (m^2)

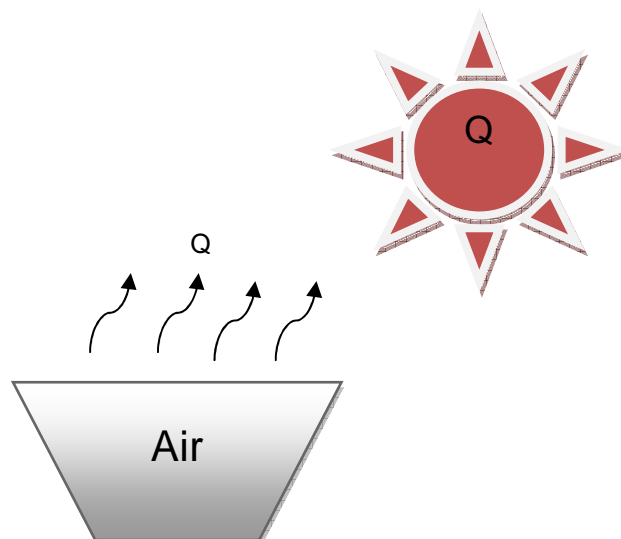
K = Konduktivitas (hantaran) bahan ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

ΔT = Perbedaan temperatur sepanjang bahan yang dituju ($^\circ C$)

Δx = Panjang bahan yang dituju (m)

3. Perpindahan panas dengan pancaran (perpindahan panas secara radiasi)

Berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, dimana perpindahan energi melalui bahan perantara. Mekanisme disini adalah sinaran atau pancaran.



Gambar 2.5 Perpindahan panas secara radiasi

persamaan perpindahan panas secara radiasi adalah sebagai berikut :

$$Q_{\text{radiasi}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \dots\dots\dots(4)$$

Untuk benda hitam $\epsilon = 1$

$$Q_{\text{radiasi benda hitam}} = \sigma \cdot A \cdot T^4 \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

ϵ = Emisivitas

Q_{radiasi} = Jumlah kalor yang dipindahkan (W)

σ = Konstanta Boltzman ($5,559 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)

A = Luas bidang pancaran atau penerima (m^2)

T = Temperatur bidang (K)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

3.1.1 Spesiman uji

1. Tungku briket batubara model A

Tungku briket batubara model A merupakan tungku yang banyak kita jumpai diberbagai tempat, karena tungku model ini mudah memperolehnya dan dengan harga terjangkau. Kapasitas bahan bakar tungku model ini antara 1 samapai 2 kg batubara.



Gambar 3.1 Tungku model A

Spesifikasi tungku :

Tinggi tungku	: 350 mm
Diameter tungku	: 250 mm
Berat tungku kosong	: 500 gram
Diameter ruang bakar	: 200 mm
Dimensi lubang angin	: 30 x 80 mm

2. Tungku briket batubara model B (penambahan pipa lurus)

Tungku ini di lengkapi pipa lurus yang berfungsi sebagai pemanas udara.



Pandangan Samping



Pandangan Atas

Gambar 3.2. Tungku model B (penambahan pipa lurus)

Spesifikasi Tungku :

Tinggi tungku	: 450 mm
Diameter tungku	: 260 mm
Berat tungku kosong	: 2548 gr
Tinggi ruang bakar	: 250 mm
Diameter ruang bakar	: 195 mm
Diameter pipa penghisap	: 25 mm
Diameter Lubang Hisap	: 10 mm
Jumlah lubang hisap	: 8 buah

3. Tungku briket batubara model C (penambahan pipa lurus dan *blower*)

Alat ini digunakan untuk menyedot udara panas yang ada di sekitar tungku, kemudian pipa digunakan untuk menerima panas dan mengalirkan udara masuk ke dalam tungku pembakaran.



Gambar 3.3. Tungku model C (penambahan pipa lurus dan *blower*)

4. Tungku Model D

Tungku batubara model D merupakan modifikasi dari tungku model A dengan penambahan volume aliran udara primer.



Gambar 3.4 Tungku model D

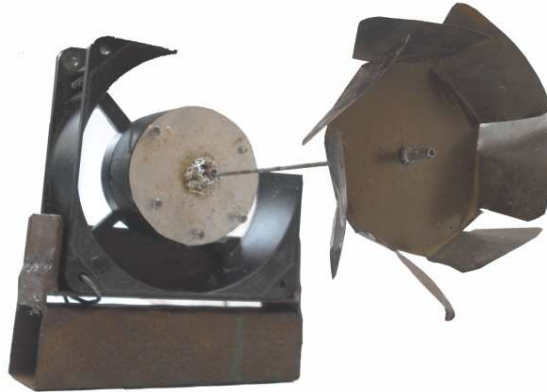
Spesifikasi tungku :

Tinggi tungku	: 450 mm
Diameter tungku	: 260 mm
Tinggi ruang bakar	: 250 mm
Diameter ruang bakar	: 195 mm

3.3.2 Peralatan penelitian

1. Blower

Alat ini digunakan untuk menghisap udara panas yang melalui pipa lurus.



Gambar 3.5 Blower

Spesifikasi blower :

Panjang/tinggi : 12 cm x 12 cm

Jumlah sudu : 7 buah

Tegangan pengoperasian : 220 V, 50 – 60 Hz

2. Thermocouple dan thermoreader

Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur sewaktu terjadi proses pembakaran.



Gambar 3.6 Thermocouple dan thermoreader

Spesifikasi *thermoreader* :

Merk	: Center Mini Thermometer type K dan Krisbow KW 06 - 278
Range temperature yang diukur	: - 200 °C – 1370 °C
Keakuratan pembaca	: 0,1 %

4. CO meter

Alat ini digunakan untuk mengukur kandungan polutan CO (*Carbon Monoxide*) dari gas hasil pembakaran batubara.



Gambar 3.7 CO meter

Spesifikasi CO meter :

Merk	: Krisbow KW 06 - 292
Range CO yang diukur	: 0 – 1000 ppm
Temperatur pengoperasian	: 0 – 50 °C
<i>Operating humidity</i>	: 0 – 99 % RH
<i>Accuracy</i>	: 5 % atau ± 10 ppm
Baterai	: 9 Volt

5. Stopwatch

Alat ini digunakan untuk mencatat waktu pengambilan data.



Gambar 3.8 Stopwatch

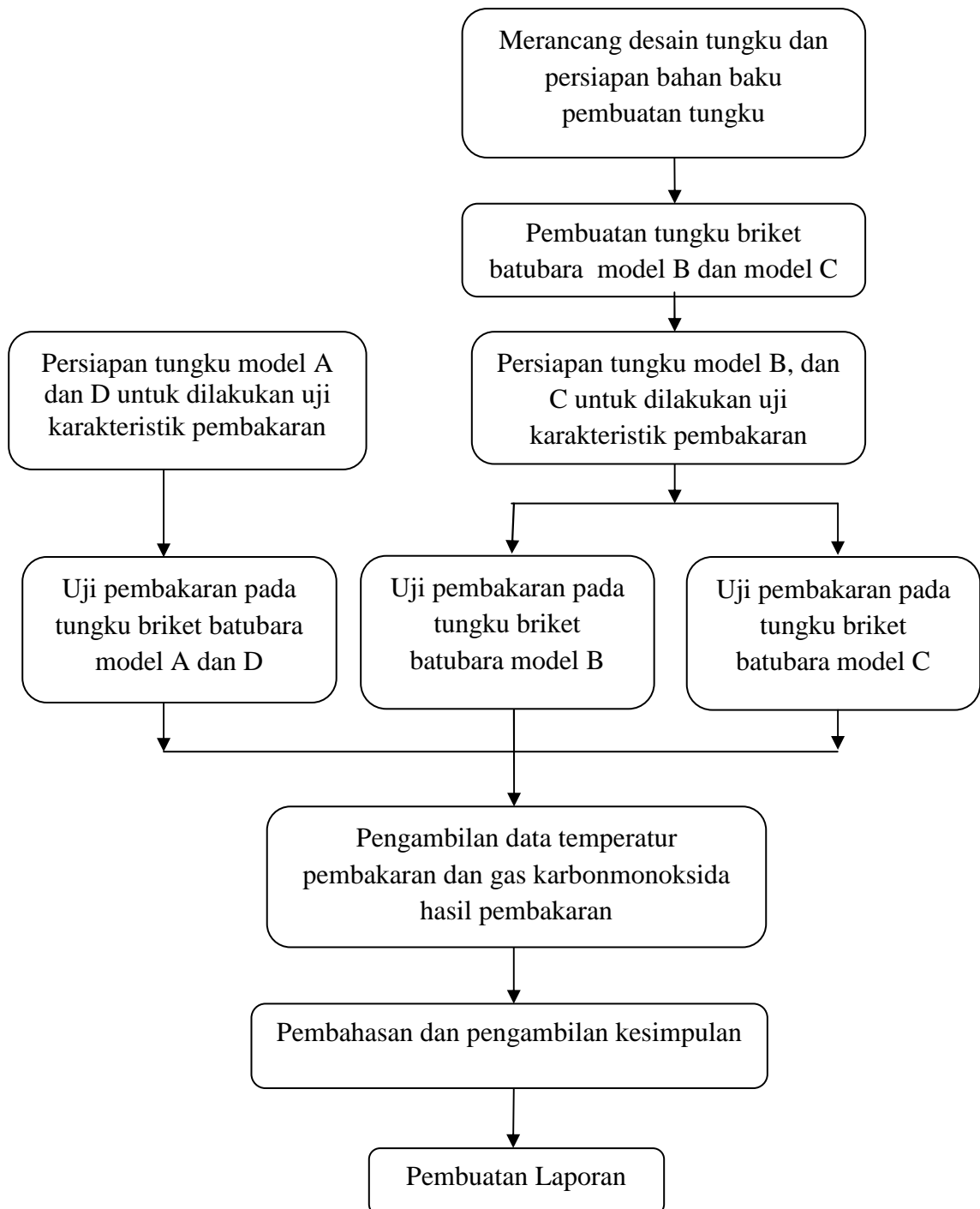
3.1.3 Bahan Penelitian

- Batubara yang digunakan adalah jenis batubara lignit non karbonasi.



Gambar 3.9 Briket Batubara

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10 Diagram alir metode penelitian

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahap persiapan dan pembuatan alat

Tahap persiapan adalah tahap penggalan studi pustaka, dan referensi-referensi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Tahap ini dimaksudkan untuk mempersiapkan materi yang akan digunakan sebagai dasar teori serta menyiapkan bahan kajian untuk pembahasan dan penyempurnaan metode penelitian.

Pembuatan alat yang dimaksud adalah pembuatan tungku, pipa penghisap dan *blower*, dalam hal ini pipa yang dibuat berbentuk pipa lurus dengan penambahan *blower* sebagai alat penghisap udara panas yang terbuang.

3.3.2 Uji Karakteristik pembakaran tungku briket batu bara

Langkah-langkah penelitian uji karakteristik pembakaran tungku briket batubara sebagai berikut :

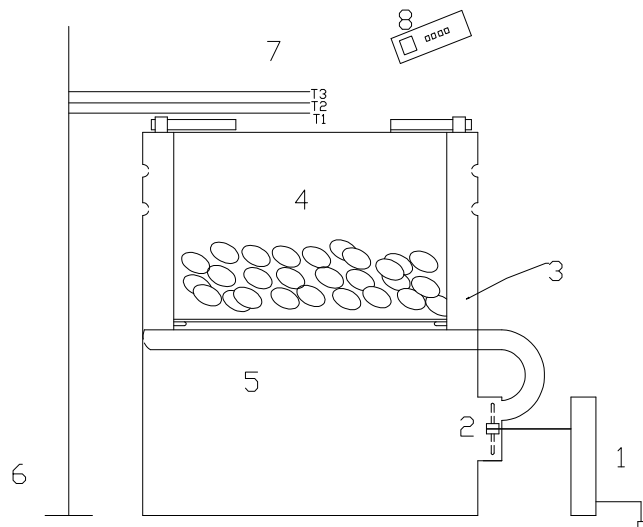
1. Tahap pertama yaitu merancang tungku briket batubara model B dan C, kemudian pembuatan tungku briket batubara, serta pembelian tungku model A dan tahap penggalan studi pustaka lebih lanjut, tahap ini dimaksudkan untuk mempersiapkan spesimen uji yang akan digunakan serta menyiapkan bahan kajian untuk pembahasan penelitian dan penyempurnaan metode penelitian.
2. Setelah semua siap kemudian dilakukan pengujian karakteristik pembakaran tungku briket batubara model A, B, dan C. Tujuan langkah ini adalah untuk mengetahui karakteristik pembakaran tungku briket batubara. Adapun langkah penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan semua peralatan yaitu tungku briket batubara model A,B, dan C, bahan bakar (briket), stopwatch, alat ukur suhu (*thermoreader*), kabel (*thermocouple*), dan alat ukur CO (*Carbonmonoxide*). Rangkailah *thermoreader* dan *thermocouple*, selanjutnya tempatkan sesuai titik pada jarak yang diinginkan dari permukaan tungku yaitu pada jarak 0 mm, 10 mm, 20 mm.
 - b. Sebelum dilakukan pengambilan data kita lakukan kalibrasi alat uji. Untuk *thermoreader* kita taruh pada suhu lingkungan, apabila display menunjukkan suhu lingkungan ($\pm 32^{\circ} \text{C}$) maka *thermoreader* ini bisa di digunakan. Sedangkan untuk CO meter langkah-langkahnya sama dengan *thermoreader*.
 - c. Setelah itu pasang *blower* pada tempat yang ada dan hubungkan dengan adaptor.
 - d. Terakhir isi tungku briket batubara dengan briket yang sudah ditimbang, kemudian nyalakan briket. Tunggu $\pm 10 - 15$ menit sampai api terbentuk, setelah api terbentuk bisa dilakukan pengambilan data.
3. Cara penyalan briket batubara :
- a. Kita ambil ± 100 gr arang kayu yang sudah di potong kecil-kecil. Setelah itu rendam arang dalam minyak tanah atau spirtus dan nyalakan arang tersebut di dalam ruang bakar tungku.
 - b. Kemudian siapkan 1500 gr briket batubara, dan masukan briket batubara diatas arang yang telah dibakar untuk awal penyalan di dalam tungku.

Setelah itu tunggu sampai api terbentuk untuk dapat dilakukan pengambilan data.

4. Tahap pengambilan data, langkah-langkah pengambilan data adalah sebagai berikut :
 - a. Data yang diambil adalah temperatur pembakaran dan kadar CO (*Carbonmonoxide*) hasil pembakaran
 - b. Pengambilan data dilakukan tiga titik di atas ruang bakar tungku yaitu 0 mm dari permukaan kemudian naik 10 mm dan 20 mm.
 - c. Pengambilan data awal dilakukan pada tungku briket batubara model A kemudian B dan tungku model C, dengan jumlah bahan bakar yang sama.
 - d. Setelah semua data diambil kemudian dilakukan analisa data dan pembahasan hasil uji karakteristik pembakaran yang disusun dalam satu laporan.
 - e. Selama penelitian selalu dikusikan dengan pembimbing untuk menjaga kualitas hasil penelitian.
 - f. Melakukan seminar hasil penelitian.

Adapun skema alat penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.11 Skema penelitian

Keterangan skema penelitian :

1. Adaptor
2. Blower (kipas)
3. Pipa Spiral
4. Ruang Bakar
5. Aliran udara primer
6. Penyangga
7. Termocouple

T1 : Jarak 0 mm dari permukaan tungku

T2 : Jarak 10 mm dari permukaan tungku

T3 : Jarak 20 mm dari permukaan tungku

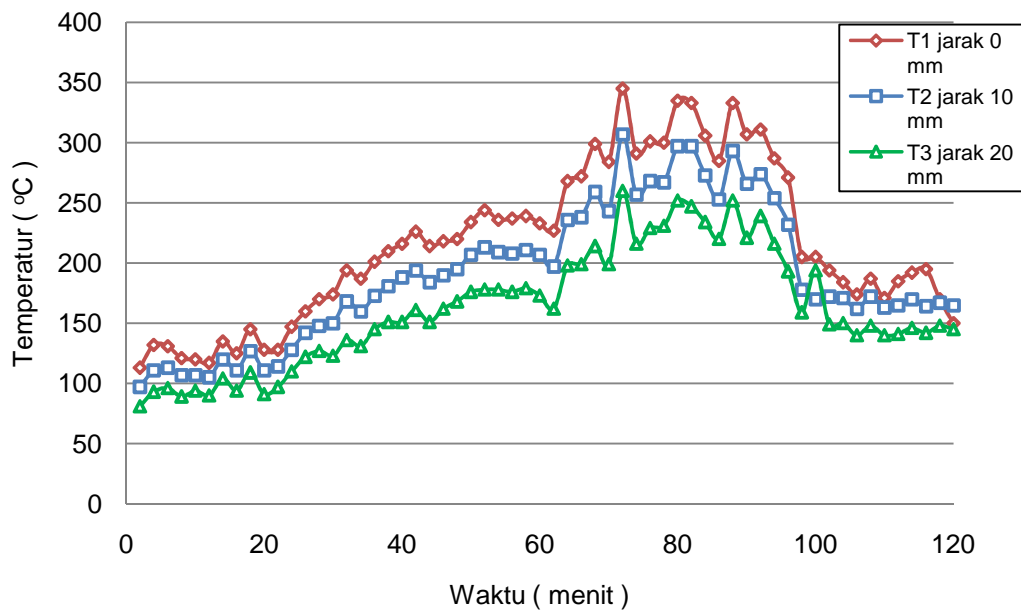
8. CO meter

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tungku Briket Batubara Model A.

4.1.1 Hubungan antara temperatur (T_1 , T_2 , T_3) dengan waktu.



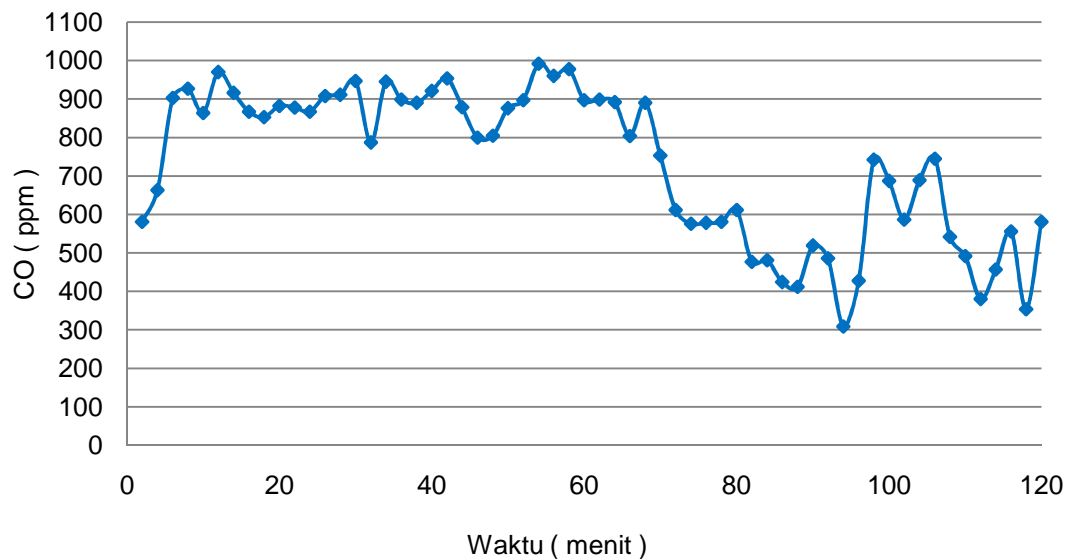
Gambar 4.1 Hubungan antara temperatur pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model A yang ada di pasaran.

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa temperatur (T_1) jarak 0 mm pembakaran tertinggi mencapai angka sebesar 345°C pada menit ke-72. Pada waktu yang sama temperatur (T_2) jarak 10 mm mencapai 307°C sedangkan temperatur (T_3) jarak 20 mm mencapai 260°C.

Temperatur tertinggi yang dicapai pada masing-masing jarak pengukuran dapat dicapai karena terbakarnya semua bahan bakar briket di ruang pembakaran, sehingga temperatur meningkat dan mengalami penurunan secara perlahan-lahan

pada menit berikutnya karena berkurangnya bahan bakar briket batubara yang terbakar dan sebagian sudah ada yang menjadi abu.

4.1.2 Hubungan antara CO (*carbon monoxide*) dengan waktu.

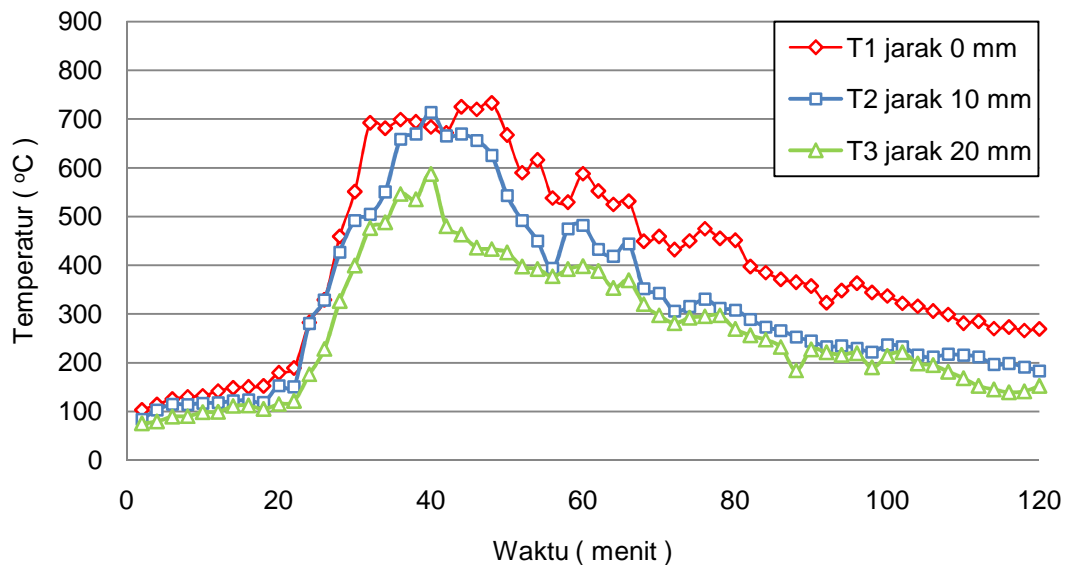


Gambar 4.2 Hubungan antara gas CO (*carbon monoxide*) hasil pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model A yang ada di pasaran.

Dari gambar 4.2 dapat diketahui kadar gas karbonmonoksida pembakaran yang paling tinggi mencapai 992 ppm pada menit ke-54, dan mencapai nilai terendah pada menit ke-94 sebesar 309 ppm. Dari gambar 4.2 juga bisa dilihat bahwa pada awal penyalaan kadar CO pada masih relatif tinggi, hal ini disebabkan oleh adanya zt-zat yang mudah menguap (*volatile matter*) dan masih adanya kandungan air dalam batubara, selain itu juga disebabkan belum terbakarnya semua bahan bakar briket yang ada. Setelah semua bahan bakar briket terbakar maka kadar CO yang ada relatif sedikit bila dibandingkan pada saat awal penyalaan.

4.2 Hasil Pengujian Tungku Briket Batubara Model B (Penambahan saluran udara pemanas dengan pipa lurus tanpa *blower*).

4.2.1 Hubungan antara temperatur (T_1 , T_2 , T_3) dengan waktu.

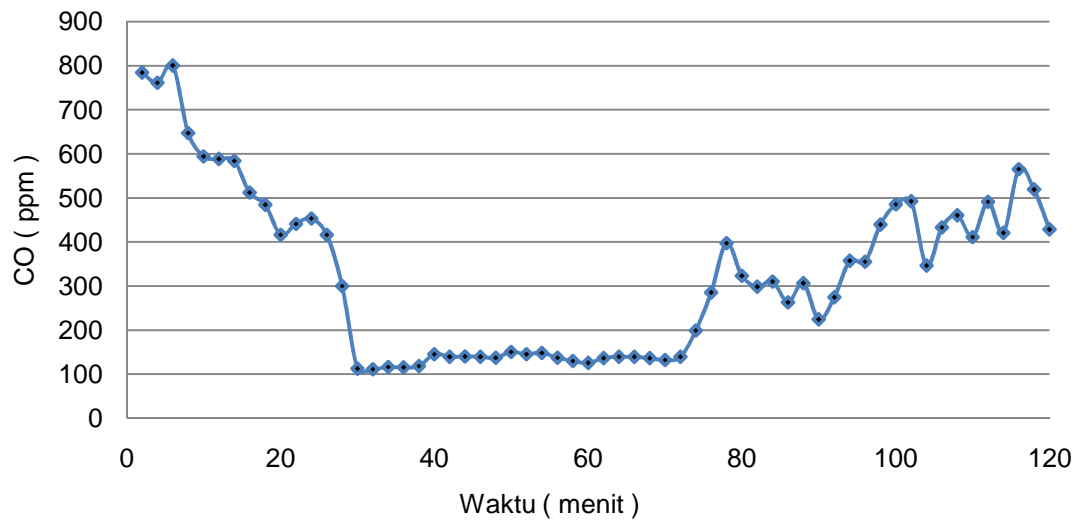


Gambar 4.3 Hubungan antara temperatur pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model B.

Dari gambar 4.3 temperatur awal pembakaran masih rendah, semakin lama temperatur pembakaran naik dan mencapai temperatur yang paling tinggi, kemudian dengan bertambahnya waktu maka temperatur pembakaran akan menurun secara perlahan-lahan, hal ini disebabkan karena bahan bakar mulai berkurang dan kalor yang dihasilkan dari pembakaran diserap oleh udara luar.

Temperatur (T_1) tertinggi jarak 0 mm dari permukaan tungku sebesar 733 °C pada menit ke- 48. Pada menit ke- 40 untuk temperatur (T_2) jarak 10 mm dari permukaan tungku sebesar 714 °C, sedangkan untuk temperatur (T_3) jarak 20 mm dari permukaan tungku sebesar 587 °C pada menit yang sama.

4.2.2 Hubungan antara CO (*carbon monoxide*) dengan waktu.

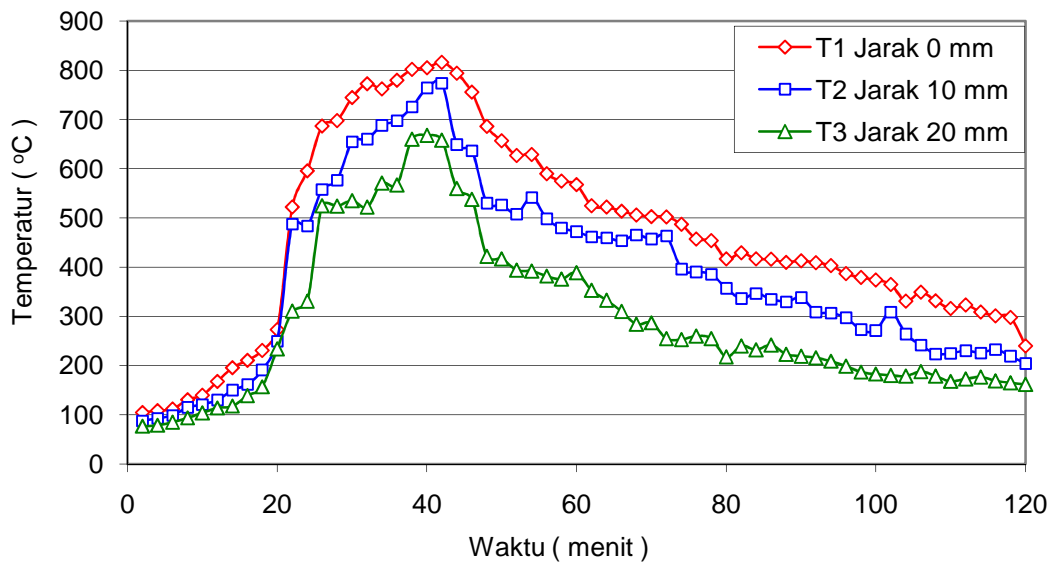


Gambar 4.4 Hubungan antara CO (*carbon monoxide*) hasil pembakaran dengan waktu pembakaran pada tungku briket batubara model B.

Dari gambar 4.4 dapat di lihat bahwa kadar karbon monoksida masih relatife tinggi pada awal penyalaan, hal ini disebabkan oleh adanya zat-zat yang mudah menguap (*volatille matter*) dan masih adanya kandungan air, selain itu juga disebabkan belum terbakarnya semua bahan bakar batubara yang ada. Setelah semua bahan bakar batubara terbakar maka kadar CO yang ada relatif lebih sedikit bila dibandingkan pada saat awal penyalaan. Kadar gas karbon monoksida pembakaran batubara yang paling tinggi mencapai 800 ppm pada menit ke- 6 dan mencapai nilai terendah pada menit ke- 30 sebesar 111 ppm

4.3 Hasil Pengujian Tungku Briket Batubara Model C (penambahan saluran udara pemanas dengan pipa lurus dan *blower*).

4.3.1 Hubungan antara temperatur (T_1 , T_2 , T_3) dengan waktu.

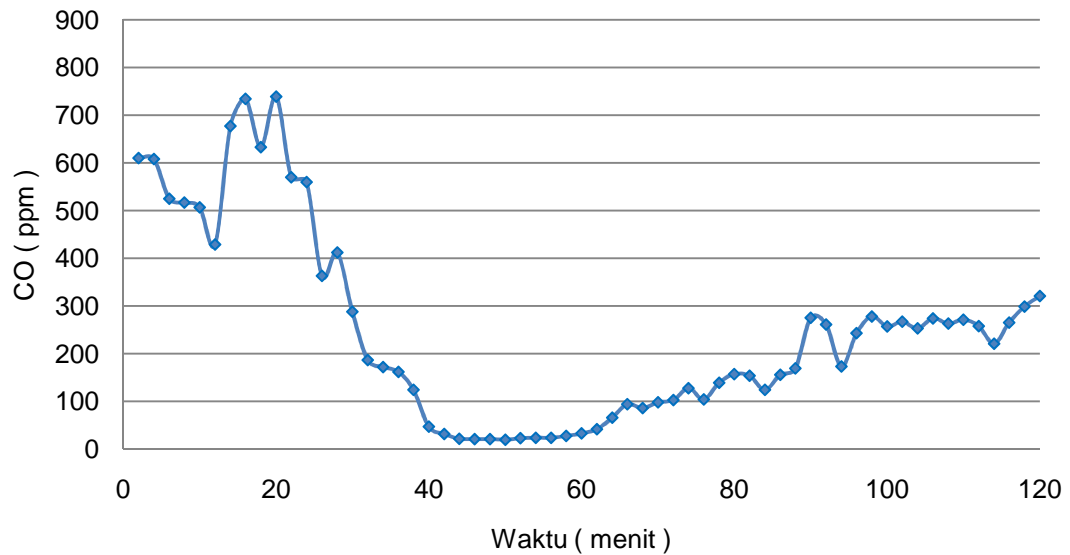


Gambar 4.5 Hubungan antara temperatur pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model C.

Dari gambar 4.5 tungku model C temperatur pembakaran awal penyalaan menunjukkan peningkatan temperatur yang cukup signifikan, hal ini disebabkan karena adanya suplai udara panas yang masuk ke dalam tungku model C cukup banyak dan udara panas mempercepat laju pembakaran.

Temperatur (T_1) tertinggi jarak 0 mm dari permukaan tungku sebesar 816 °C pada menit ke- 42. Pada menit yang sama untuk temperatur (T_2) jarak 10 mm dari permukaan tungku sebesar 774 °C, sedangkan untuk temperatur (T_3) jarak 20 mm dari permukaan tungku sebesar 668 °C pada menit ke- 40

4.3.2 Hubungan antara CO (*carbon monoxide*) dengan waktu.

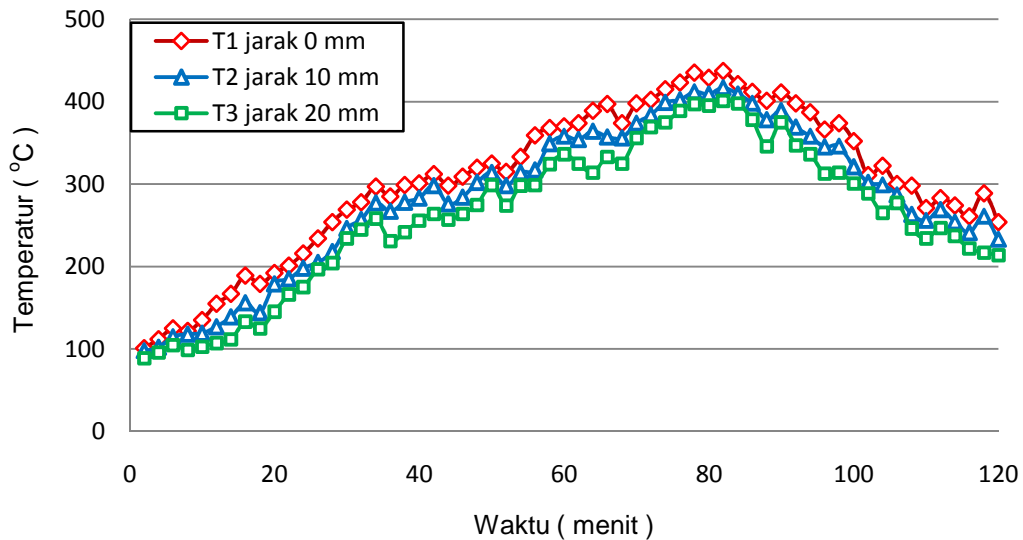


Gambar 4.6 Hubungan antara CO (Carbon Monoxide) hasil pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model C.

Dari gambar 4.6 kadar karbon monoksida masih relatif tinggi pada awal penyalan, hal ini disebabkan belum terbakarnya semua bahan bakar batubara yang ada. Setelah semua terbakar maka kadar CO yang ada lebih sedikit bila dibandingkan pada saat awal penyalan, hal itu dikarenakan oleh adanya zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*) dan masih adanya kandungan air dalam briket batubara. Kadar gas karbon monoksida pembakaran batubara yang paling tinggi mencapai 739 ppm pada menit ke- 20 dan mencapai nilai terendah pada menit ke- 50 sebesar 20 ppm.

4.4 Hasil Pengujian Tungku Briket Batubara Model D

4.4.1 Hubungan antara temperatur (T_1 , T_2 , T_3) dengan waktu.

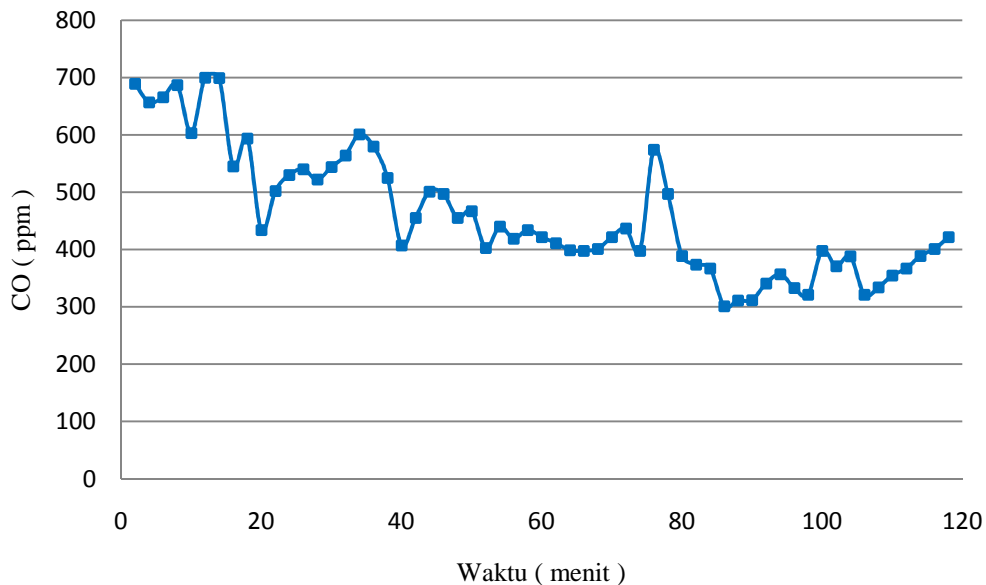


Gambar 4.7 Hubungan antara temperatur (T_1 , T_2 , dan T_3) pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model D.

Dari gambar 4.7 titik tertinggi temperatur (T_1) mencapai angka sebesar 437°C pada menit ke-82, temperatur (T_2) mencapai angka sebesar 417°C pada menit ke-82, sedangkan temperatur (T_3) tertinggi mencapai angka sebesar 401°C pada menit ke-82.

Volume aliran udara primer tungku model D lebih besar, sehingga udara yang masuk lebih banyak dari tungku model A. hal ini menyebabkan temperatur pembakaran tungku model D lebih tinggi, akan tetapi aliran udara yang terlalu banyak akan mengakibatkan temperatur yang kurang stabil.

4.4.2 Hubungan antara CO (*carbon monoxide*) dengan waktu.

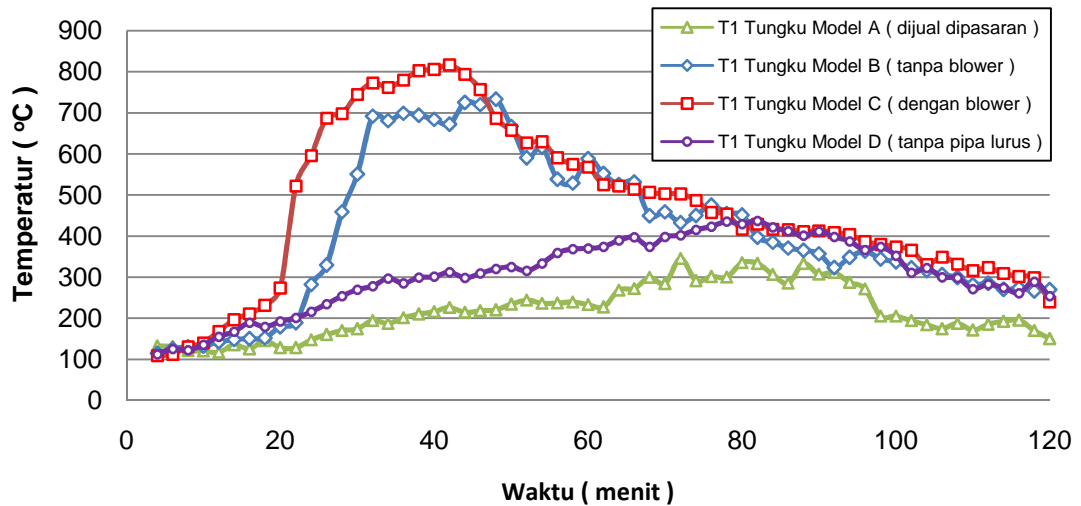


Gambar 4.8 Hubungan antara gas CO hasil pembakaran dengan waktu pada tungku briket batubara model D.

Dari gambar 4.8 kadar karbon monoksida masih relatif tinggi pada awal penyalan, hal ini disebabkan belum terbakarnya semua bahan bakar batubara yang ada. Setelah semua terbakar maka kadar CO yang ada lebih sedikit bila dibandingkan pada saat awal penyalan, hal itu dikarenakan oleh adanya zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*) dan masih adanya kandungan air dalam briket batubara. Kadar gas karbon monoksida pembakaran batubara yang paling tinggi mencapai 700 ppm pada menit ke- 12 dan mencapai nilai terendah pada menit ke- 381 sebesar 86 ppm.

4.5 Hasil Pengujian Temperatur Pembakaran Dengan Waktu Pada Tungku Briket Batubara Model A, Model B, Model C Dan Model D.

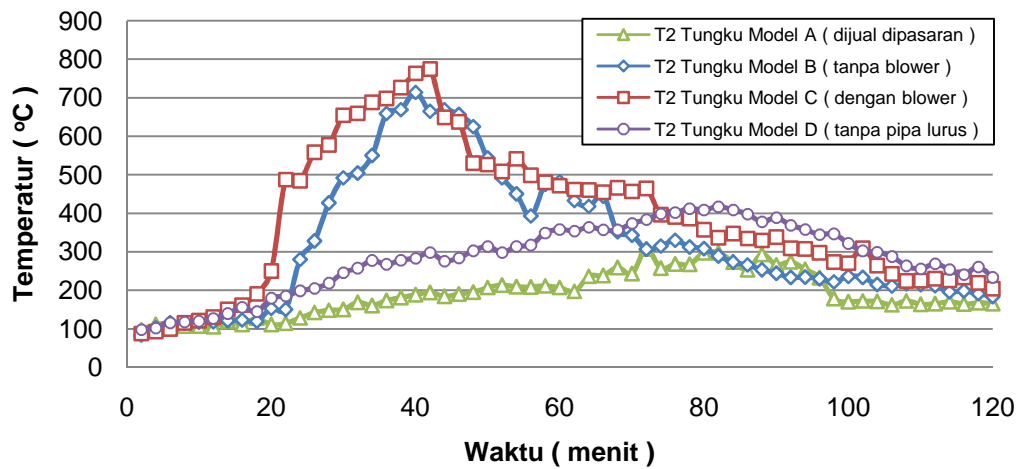
4.5.1 Hubungan antara temperatur pembakaran (T_1 pada jarak 0 mm) terhadap waktu.



Gambar 4.9 Hubungan antara temperatur pembakaran (T_1 pada jarak 0 mm) tungku briket batubara model A, B, C dan tungku model D terhadap waktu.

Dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa pada tungku briket batubara dengan penambahan blower (tungku model C) menunjukkan temperatur lebih tinggi, dibanding dengan tungku briket batubara tanpa penambahan blower (tungku model B) dan tungku yang ada di pasaran (tungku model A), hal ini disebabkan karena distribusi udara panas yang masuk ke tungku briket batubara dengan penambahan blower cukup banyak disbanding tungku model B dan Model A. Titik tertinggi temperatur (T_1) tungku model B sebesar 733 °C pada menit ke- 48 sedangkan temperatur (T_1) model C mencapai titik tertinggi sebesar 816 °C pada menit ke- 42, dan temperatur (T_1) tungku model A titik tertinggi pada menit ke- 72 sebesar 345 °C, kemudian temperatur (T_1) tungku model D titik tertinggi pada menit ke- 82 sebesar 437

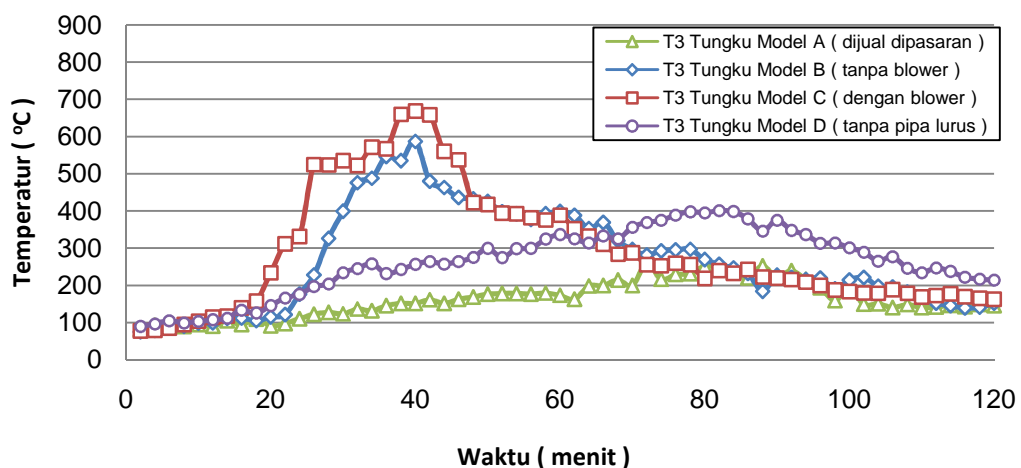
4.5.2 Hubungan antara temperatur (T_2 pada jarak 10 mm) terhadap waktu.



Gambar 4.10 Hubungan antara temperatur pembakaran (T_2 pada jarak 10 mm) tungku briket batubara model A, B, C dan tungku model D terhadap waktu.

Dari gambar 4.10 temperatur pembakaran tungku model B Titik tertinggi sebesar 714 °C pada menit ke- 40 sedangkan temperatur pembakaran tungku model C mencapai titik tertinggi sebesar 774 °C pada menit ke- 42, dan temperatur pembakaran tungku model A mencapai titik tertinggi pada menit ke- 72 sebesar 307 °C, kemudian temperatur (T_2) tungku model D titik tertinggi pada menit ke- 82 sebesar 417 °C

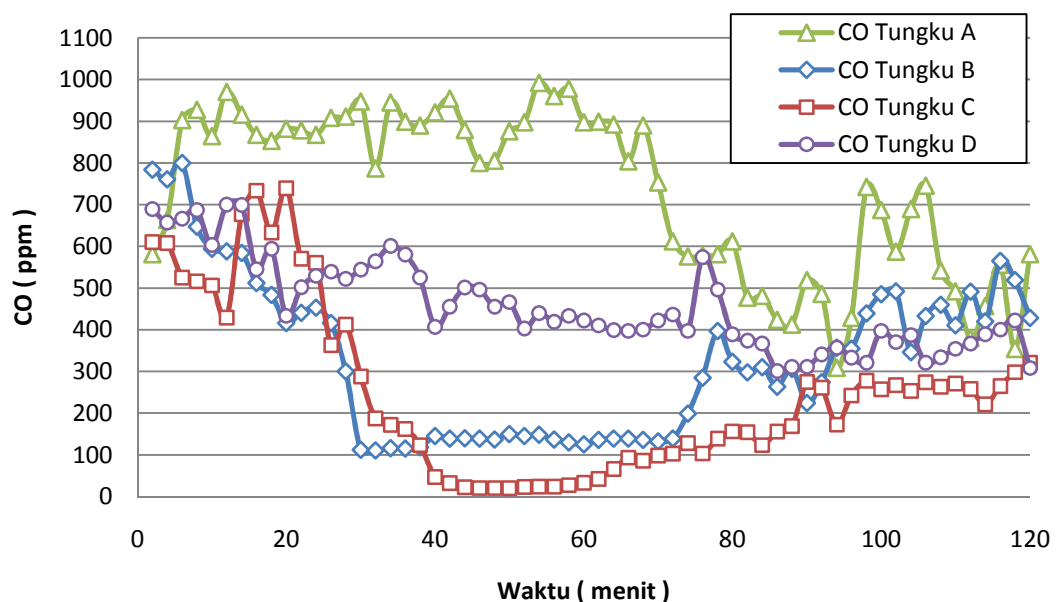
4.5.3 Hubungan antara temperatur (T_3 pada jarak 20 mm) terhadap waktu.



Gamabr 4.11 Hubungan antara temperatur pembakaran (T_3 pada jarak 20 mm) tungku briket batubara model A, B, C dan tungku model D terhadap waktu.

Dari gambar 4.11 titik tertinggi tungku model B, sebesar 587 °C pada menit ke- 40 sedangkan temperatur (T_3) tungku model C, mencapai titik tertinggi sebesar 668 °C pada menit ke- 40, dan temperatur (T_3) tungku model A mencapai titik tertinggi pada menit ke- 72 sebesar 260 °C, temperatur (T_3) tungku model D titik tertinggi pada menit ke- 82 sebesar 401 °C

4.5.4 Hubungan antara gas CO (*carbon monoxide*) terhadap waktu.



Gambar 4.12 Hubungan antara gas CO (*carbon monoxide*) hasil pembakaran tungku briket batubara model A, B, C dan tungku model D terhadap waktu.

Dari gambar 4.12 kadar karbon monoksida masih relatif tinggi pada awal penyalan, hal ini disebabkan belum terbakarnya semua bahan bakar batubara yang ada. Setelah semua terbakar maka kadar CO yang ada lebih sedikit bila dibandingkan pada saat awal penyalan, hal itu dikarenakan oleh adanya zat-zat

yang mudah menguap (*volatile matter*) dan masih adanya kandungan air dalam briket batubara.

Kadar gas karbon monoksida tertinggi pada tungku batubara model B mencapai 800 ppm pada menit ke- 6 dan mencapai nilai terendah pada menit ke- 20 sebesar 111 ppm. Sedangkan pada tungku batubara model C mencapai 739 ppm pada menit ke- 20 dan mencapai nilai terendah pada menit ke- 50 sebesar 20 ppm, dan tungku batubara model A mencapai 992 ppm pada menit ke- 54 dan mencapai nilai terendah pada menit ke- 94 sebesar 309 ppm, kemudian tungku batubara model D tertinggi mencapai 700 ppm pada menit ke- 12 dan mencapai nilai terendah pada menit ke- 86 sebesar 381 ppm.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis data hasil pengujian tungku briket batubara model A, B, C dan D, dengan jumlah bahan bakar briket batubara yang sama yaitu 1500 gram setelah pengujian selama ± 120 menit, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Untuk tungku model C, temperatur tertinggi mencapai 816 °C pada menit ke-42, tungku model B, temperatur mencapai 733 °C pada menit ke-48, dan pada tungku model A temperatur mencapai 345 °C pada menit ke-72., sedangkan karbon monoksida hasil pembakaran yang paling rendah adalah tungku model C sebesar 20 ppm pada menit ke-50, tungku model B sebesar 111 pada menit ke-30, dan tungku model A sebesar 309 pada menit ke-94.
2. Udara panas yang masuk ke dalam tungku memiliki kandungan air yang rendah, sehingga mempermudah laju pembakaran. Proses pembakaran yang cepat akan menghasilkan temperatur yang cukup tinggi tetapi akan mengalami penurunan temperatur yang signifikan pula, hal tersebut terjadi karena bahan bakar yang terbakar cepat habis, selain itu kalor yang dihasilkan dari pembakaran diserap oleh udara lingkungan.
3. Tungku model B lebih tinggi temperaturnya dan lebih rendah gas karbonmonoksidanya dari tungku model D, hal ini disebabkan karena tungku model B mempunyai pipa lurus yang dapat memberikan suplai

udara panas ke dalam tungku sehingga mempercepat pembakaran, akan tetapi temperatur tungku model D lebih stabil dibanding tungku model B.

4. Temperatur yang paling tinggi dan yang menghasilkan gas buang CO paling rendah adalah tungku briket batubara model C (penambahan saluran pemanas udara dengan pipa lurus dan menggunakan *blower*), jadi dari ke – 4 model tungku tersebut yang terbaik, di tinjau dari temperatur pembakaran dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran adalah tungku model C.

5.2 Saran

Setelah melakukan pengujian mengenai pengaruh penambahan saluran pemanas udara dengan pipa lurus terhadap karakteristik pembakaran tungku briket batubara, maka peneliti dapat memberikan saran-saran yang dapat ditindak lanjuti oleh peneliti yang lain untuk memperoleh desain yang tepat pada tungku briket batubara ini.

Saran-saran tersebut adalah :

1. Saluran udara pemanas dengan pipa lurus ditambah lagi, sehingga udara panas yang dihasilkan lebih banyak.
2. Diameter saluran udara pemanas pipa lurus diperbesar atau diperkecil lagi, untuk mengetahui temperatur pembakaran yang tinggi.
3. Kondisi temperatur lingkungan sama pada saat pengambilan data setiap tungku, untuk menjaga kualitas data hasil pengujian.

4. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk merencanakan ulang daya hisap *blower* dan lubang hisap udara untuk memperoleh kebutuhan udara yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi. 2008. *Pengaruh Penambahan Lubang Dan Susunan Pembagi Udara Dinding Dalam Tungku Briket Batubara Terhadap Temperatur Dan Gas CO Hasil Pembakaran*. Tugas Akhir S1 Teknik Mesin. UMS.
- Arifin. 2008. *Pengaruh Penambahan Blower dan Tutup Variasi Jumlah Lubang Pada Tungku Briket Batubara Terhadap Temperatur dan Gas CO Hasil Pembakaran*. Tugas Akhir S1 Teknik Mesin. UMS.
- Djokosetyyarjo, M.j., 1993. *Ketel Uap*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Kreith, F, P, 1997. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*. Edisi Ketiga. Erlangga. Jakarta.
- Prasetyo. 2007. *Pengaruh Penambahan Blower dan Lubang Pembagi Udara Pada Dasar Tungku Briket Batubara Dengan Variasi Susunan Persegi, Zig-zag, dan Melingkar Terhadap Temperatur dan Gas CO Hasil Pembakaran*. Tugas Akhir S1 Teknik Mesin. UMS.
- Sukandarrumidi. 1995. *Batubara dan Gambut*. Gajah Mada University Press. Jogjakarta.
- Suryanti, I. Y, Pambudi, J., Handayani, N., dan Wahyuni, S., 2007. *Desain Tungku Batubara Kapasitas 0,5 kg*. Tugas Akhir DII Teknik Kimia. UNS.

LAMPIRAN

Tabel 1 Hasil temperatur pembakaran dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran pada tungku briket batubara model A. Data diambil pada jarak 0 mm, 10 mm, dan 20 mm pada permukaan tungku.

Temperatur Lingkungan : 30 °C

No	waktu (menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	CO (ppm)
1	2'	113	97	81	581
2	4'	132	111	93	663
3	6'	131	113	96	903
4	8'	121	107	89	927
5	10'	120	107	94	864
6	12'	117	105	90	970
7	14'	135	120	104	916
8	16'	125	111	94	867
9	18'	145	127	109	853
10	20'	128	111	91	882
11	22'	128	114	97	878
12	24'	147	128	110	867
13	26'	160	142	122	908
14	28'	170	148	127	911
15	30'	174	150	123	947
16	32'	194	168	136	787
17	34'	187	160	131	945
18	36'	201	173	145	899
19	38'	210	181	151	890
20	40'	216	188	151	921
21	42'	226	194	161	954
22	44'	214	184	151	879
23	46'	218	190	162	800
24	48'	220	195	168	805
25	50'	234	207	176	876
26	52'	244	213	178	897
27	54'	236	209	178	992
28	56'	237	208	176	960
29	58'	239	211	179	978
30	60'	233	207	173	897

31	62'	227	197	162	899
32	64'	268	236	198	892
33	66'	272	238	199	804
34	68'	299	259	214	890
35	70'	284	243	199	753
36	72'	345	307	260	612
37	74'	291	257	216	576
38	76'	301	268	229	578
39	78'	300	267	231	581
40	80'	335	297	252	612
41	82'	333	297	247	477
42	84'	306	273	234	481
43	86'	285	253	220	424
44	88'	333	293	252	412
45	90'	307	266	221	519
46	92'	311	274	239	486
47	94'	287	254	216	309
48	96'	271	232	193	428
49	98'	205	178	159	742
50	100'	205	170	194	687
51	102'	194	172	149	587
52	104'	184	171	150	689
53	106'	174	162	140	745
54	108'	187	172	148	542
55	110'	171	163	140	492
56	112'	185	165	141	380
57	114'	192	170	146	457
58	116'	195	164	142	556
59	118'	170	167	148	354
60	120'	150	165	145	581

Tabel 2 Hasil temperatur pembakaran dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran pada tungku briket batubara model B. Data diambil pada jarak 0 mm, 10 mm, dan 20 mm pada permukaan tungku.

Temperatur Lingkungan : 32 °C

DATA TUNGKU PIPA LURUS TANPA BLOWER					
No	Waktu	T1 Jarak 0 mm	T2 Jarak 10mm	T3 Jarak 20mm	Co (ppm)
1	2'	103	84	75	784
2	4'	114	103	79	761
3	6'	125	115	89	800
4	8'	130	114	90	647
5	10'	132	117	98	594
6	12'	142	118	99	588
7	14'	148	121	111	584
8	16'	150	123	112	512
9	18'	152	119	105	484
10	20'	179	153	115	416
11	22'	189	150	121	441
12	24'	282	280	176	453
13	26'	329	328	228	416
14	28'	459	427	326	300
15	30'	551	492	399	112
16	32'	692	504	476	111
17	34'	681	550	488	116
18	36'	699	659	546	115
19	38'	694	669	535	118
20	40'	684	714	587	145
21	42'	672	665	480	139
22	44'	725	669	463	140
23	46'	720	656	436	139
24	48'	733	625	433	137
25	50'	667	543	426	150
26	52'	590	492	397	145
27	54'	616	450	392	148
28	56'	538	393	377	137
29	58'	529	475	392	130
30	60'	588	482	398	125

DATA TUNGKU PIPA LURUS TANPA BLOWER					
No	Waktu	T1 Jarak 0 mm	T2 Jarak 10mm	T3 Jarak 20mm	Co (ppm)
31	62'	552	433	388	136
32	64'	525	418	353	139
33	66'	531	444	369	139
34	68'	449	352	320	136
35	70'	459	343	297	132
36	72'	432	306	281	139
37	74'	450	315	292	199
38	76'	475	330	295	285
39	78'	455	312	297	397
40	80'	451	308	269	323
41	82'	397	289	256	298
42	84'	385	273	247	310
43	86'	371	266	232	263
44	88'	365	253	184	306
45	90'	357	244	227	224
46	92'	323	233	221	274
47	94'	348	234	216	357
48	96'	363	230	219	355
49	98'	344	222	190	439
50	100'	337	236	214	485
51	102'	322	233	221	492
52	104'	316	215	198	346
53	106'	306	211	195	433
54	108'	299	217	181	460
55	110'	281	215	168	411
56	112'	285	212	152	491
57	114'	270	196	145	420
58	116'	273	198	139	565
59	118'	266	191	141	519
60	120'	269	183	152	428

Tabel 3 Hasil temperatur pembakaran dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran pada tungku briket batubara model C. Data diambil pada jarak 0 mm, 10 mm, dan 20 mm pada permukaan tungku.

Temperatur Lingkungan : 31 °C

DATA TUNGKU PIPA LURUS DENGAN BLOWER					
No	Waktu	T1 Jarak 0 mm	T2 Jarak 10mm	T3 Jarak 20mm	Co (ppm)
2	2'	105	88	77	610
4	4'	109	93	79	608
6	6'	112	99	85	525
8	8'	131	115	94	517
10	10'	140	121	104	507
12	12'	168	130	114	429
14	14'	196	150	118	677
16	16'	211	162	139	734
18	18'	231	191	157	633
20	20'	273	250	234	739
22	22'	522	488	311	570
24	24'	596	484	331	797
26	26'	687	558	525	363
28	28'	698	577	524	412
30	30'	745	655	535	288
32	32'	773	660	522	187
34	34'	762	688	571	172
36	36'	780	698	567	162
38	38'	802	726	660	124
40	40'	805	764	668	47
42	42'	816	774	658	32
44	44'	794	649	560	22
46	46'	756	637	538	21
48	48'	686	530	422	21
50	50'	657	527	417	20
52	52'	627	508	394	23
54	54'	629	542	392	24
56	56'	590	498	382	24
58	58'	575	480	376	28
60	60'	568	472	389	33

DATA TUNGKU PIPA LURUS DENGAN BLOWER					
No	Waktu	T1 Jarak 0 mm	T2 Jarak 10mm	T3 Jarak 20mm	Co (ppm)
62	62'	525	462	353	42
64	64'	522	460	333	66
66	66'	514	454	310	94
68	68'	506	466	284	86
70	70'	503	457	287	98
72	72'	502	464	255	103
74	74'	487	396	253	128
76	76'	457	390	260	104
78	78'	454	386	255	139
80	80'	417	357	218	157
82	82'	429	336	240	154
84	84'	417	347	232	124
86	86'	416	335	242	156
88	88'	410	330	223	169
90	90'	413	338	219	275
92	92'	409	309	216	261
94	94'	403	307	209	173
96	96'	387	297	199	243
98	98'	379	273	187	278
100	100'	374	271	183	257
102	102'	365	309	180	267
104	104'	331	264	179	253
106	106'	349	242	188	274
108	108'	332	224	179	263
110	110'	316	225	168	271
112	112'	323	230	173	258
114	114'	309	226	177	221
116	116'	301	233	169	265
118	118'	298	219	165	299
120	120'	240	204	162	321

Tabel 4 Hasil temperatur pembakaran dan gas karbonmonoksida hasil pembakaran pada tungku briket batubara model D. Data diambil pada jarak 0 mm, 10 mm, dan 20 mm pada permukaan tungku.

Temperatur Lingkungan : 30 °C

DATA TUNGKU MODEL D					
No	Waktu	T1 Jarak 0 mm	T2 Jarak 10 mm	T3 Jarak 20mm	Co (ppm)
1	2'	101	98	89	689
2	4'	112	102	96	657
3	6'	125	115	105	666
4	8'	122	118	99	687
5	10'	135	119	103	603
6	12'	155	127	107	700
7	14'	167	139	112	699
8	16'	189	156	133	545
9	18'	179	144	125	594
10	20'	192	179	145	434
11	22'	201	185	166	502
12	24'	216	198	175	530
13	26'	234	205	197	540
14	28'	254	218	204	522
15	30'	269	246	234	544
16	32'	278	257	245	564
17	34'	297	277	258	601
18	36'	285	267	231	580
19	38'	299	278	242	525
20	40'	301	283	256	407
21	42'	312	298	264	455
22	44'	298	276	257	501
23	46'	309	284	264	497
24	48'	320	302	275	455
25	50'	325	314	299	467
26	52'	315	298	274	403
27	54'	333	314	298	440
28	56'	359	317	299	419
29	58'	368	349	324	434
30	60'	370	358	336	422

DATA TUNGKU MODEL D					
No	Waktu	T1 Jarak 0 mm	T2 Jarak 10mm	T3 Jarak 20mm	Co (ppm)
31	62'	374	354	325	411
32	64'	389	364	314	399
33	66'	397	357	333	398
34	68'	374	356	325	401
35	70'	398	374	356	422
36	72'	402	384	369	437
37	74'	415	399	375	398
38	76'	423	402	389	574
39	78'	435	412	397	497
40	80'	429	409	395	389
41	82'	437	417	401	374
42	84'	421	409	398	367
43	86'	412	398	378	301
44	88'	401	378	346	311
45	90'	411	389	375	312
46	92'	398	369	347	341
47	94'	387	358	336	357
48	96'	366	345	313	333
49	98'	374	346	314	321
50	100'	352	321	301	398
51	102'	311	302	289	371
52	104'	322	299	265	388
53	106'	300	287	277	321
54	108'	298	263	246	334
55	110'	271	256	234	355
56	112'	283	269	247	367
57	114'	274	254	237	389
58	116'	261	241	222	401
59	118'	289	261	217	422
60	120'	254	233	214	309